



# ESTRATEGIAS PARA ESTIMULAR EL DESARROLLO RADICULAR EN VIDES DE MESA

**José A. Soza P.**  
*Ingeniero Agrónomo, Consultor.*

**Dragomir Ljubetic M.**  
*Ingeniero Agrónomo, Consultor.*

**Roberto F. Soza P.**  
*Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Consultor.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La formulación de estrategias para estimular el desarrollo radicular en uva de mesa, constituye una acción apropiada y segura para conseguir aumentos en la producción, calidad y condición de la fruta, y en consecuencia mejorar la rentabilidad de la explotación.

Si una plantación posee un sistema radicular con buen desarrollo, influirá positivamente en el sistema aéreo. Por otra parte, si presenta síntomas de plantas débiles en la parte aérea, con follaje con alteraciones fisiológicas (deficiencias nutritivas), daño de enfermedades e insectos, y cuya producción, calidad y condición de la fruta es baja, es muy probable que existan problemas de diversos orígenes en el sistema radicular.

Los estudios sobre el sistema radicular son muy importantes, porque las raíces suministran la mayor parte del agua y nutrientes requeridos por la parte aérea. Además, sintetizan reguladores de crecimiento que son necesarios para un desarrollo adecuado de la planta en general. Se debe mantener o mejorar el potencial productivo de la uva de mesa y la calidad y condición de la fruta exportada, manejando eficientemente los factores que afectan el

funcionamiento de la raíz. Luego, es crítico mantener una alta tasa de natalidad de raíces que supere ampliamente la tasa de mortalidad de ellas.

Para lograr el objetivo de una óptima producción sostenida en el tiempo, evitando el decaimiento prematuro de las plantas, se requiere resolver los siguientes problemas: Productividad (Rendimiento/ha, Condición y Calidad), uva débil, declinación prematura, y replante (presente y futuro de la industria).

Finalmente, es importante destacar que se debe buscar tecnologías amigables con el medio ambiente, de manera que su impacto ambiental sea mínimo.

## 2. LA BASE DEL PROBLEMA ESTÁ EN LA RAÍZ

Existe una estrecha relación entre desarrollo del sistema radicular de las plantas de vid con su desarrollo vegetativo y productivo. Muchos de los problemas de la planta se pueden explicar por problemas o daños en la raíz (Soza, *et al.*, 2003). Los parronales de uva de mesa con síntomas de decaimiento, presentan un sistema radicular más débil con menor



desarrollo de raíces en cantidad y calidad, lo cual se refleja en una menor reserva de carbohidratos y productos nitrogenados (arginina) (Selles, *et al.*, 2000).

La calidad del sistema radicular tiene una gran influencia con la calidad de la fruta mediante tres vías (Ruiz, 2005):

- Las raíces son el principal factor en el balance de carbohidratos en la vid.
- Proveen de agua y nutrientes para el crecimiento aéreo y la fructificación.
- Recogen señales positivas o negativas (actúan como el cerebro de la planta) provenientes del suelo y que se transmiten bioquímicamente a la parte aérea, con repercusión en la fruta.

Si el sistema radicular está debilitado, aumentaría el efecto dañino de la población de nematodos (Selles *et al.*, 2000).

El período de vida de las raíces finas tiene importantes consecuencias en: el crecimiento de la planta de vid, la producción de fruta, la interacción de los diferentes componentes de la planta, el contenido de carbono bajo el suelo y el ciclo de los nutrientes. Sin embargo, existe poco conocimiento de los factores que afectan el envejecimiento de las raíces bajo condiciones de campo. Las raíces finas, al igual que otros tejidos de la planta, sufren cambios físicos especiales durante la maduración y la senescencia. Uno de ellos es la pigmentación café que puede estar asociada con la suberización o el deterioro de las células corticoides o epidérmicas, lo cual se ha relacionado con una marcada disminución de la respiración de las raíces y de la actividad

metabólica celular. Esta pigmentación indica el término de la función de la raíz en cuanto a un activo metabolismo.

Se concluye en el estudio de Comas *et al.*, 2005, además de otras evidencias citadas por ellos, que la periodicidad de emergencia de raíces finas puede estar conjuntamente unida con factores exógenos y endógenos. Estos son: disponibilidad de temperatura. Humedad y reserva de carbohidratos que estimulan el crecimiento radicular en primavera; humedad del suelo y competencia por hidratos de carbono entre los frutos y las raíces que las inhiben en verano; y en el otoño, la disponibilidad de humedad y la entrega de carbohidratos de los brotes después de la cosecha. Esto hace que se estimule el crecimiento radicular mientras la planta no entre inmediatamente en receso.

La mayor proporción de raíces de la vid se encuentra en los primeros 60 cm., con una gran proliferación natural en los primeros 30 cm, aunque si las condiciones de suelo son favorables pueden alcanzar hasta 3 m o más (Mullins *et al.*, 1992).

Las raíces más pequeñas están directamente relacionadas con la absorción de agua y nutrientes. Estas raíces son muy sensibles a condiciones adversas. Al comienzo son blancas y posteriormente se pigmentan con tonalidades claras de color café hasta llegar a tonos casi negros. Este periodo puede durar tres semanas o menos dependiendo de las condiciones de riego (Comas, *et al.*, 2005). La actividad metabólica decrece a medida que aumenta su pigmentación en el tiempo, alcanzando valores mínimos aproximadamente a las seis semanas (Comas *et al.*, 2000).



Los resultados experimentales en vides, reportados por Volder *et al.* (2005) indican que la tasa de absorción de nitrógeno de las raíces finas recién nacidas, declina en un 50% al segundo día de emergencia y transcurrido 10 días, la concentración de Nitrógeno marcado  $N^{15}$  disminuye en un 60%. Lo mismo observaron en la respiración, cuya tasa disminuye a la mitad en el mismo período de tiempo. De estas evidencias concretas se infiere teóricamente que ocurriría algo similar con los demás nutrientes (Ej: fósforo y potasio). Se cita como primera causa para esta baja en la eficiencia a un agotamiento del elemento en la zona que rodea la raíz. En consecuencia, es fundamental que las raíces nuevas dispongan de nutrientes y humedad suficiente para cumplir con el normal proceso de absorción.

Al mismo tiempo, es importante que no existan en el suelo factores que impidan el normal desarrollo de las raíces, tales como baja temperatura, compactación, falta de aireación, exceso de agroquímicos, condición excesiva de salinidad o acidez, exceso o falta de humedad, plagas y enfermedades radiculares. Las aplicaciones periódicas de materia orgánica o compost, estimulan la presencia de microorganismos benéficos (suelo vivo), que ayudan a estructurar al suelo y a almacenar y liberar nutrientes para la absorción por las raíces (Volder *et al.*, 2005).

### **3. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO RADICULAR**

Existen numerosos factores que afectan el desarrollo radicular tales como: calidad y manejo del riego, control de nematodos y otras plagas, manejo de sales del suelo y del agua, condiciones físicas y químicas del suelo,

dinámica de la temperatura del suelo, presencia de materia orgánica, uso complementario de guano, compost y cubiertas vegetales (Barceló, 1990, Ibacache, 1995 y Selles, 2000).

Entre las propiedades físicas del suelo que afectan al sistema radicular se encuentran la textura, estructura y densidad aparente. También se debe considerar otras determinaciones vinculadas con las anteriormente enumeradas como la compactación, la aireación reflejada en términos de macro porosidad y el contenido de humedad del suelo (Leteo, 1985, citado por Selles, 2000) (Ruiz, 2005).

#### **3.1 Concepto de suelo vivo**

El suelo puede ser definido como un cuerpo o producto natural, sintetizado en su perfil a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y modificados atmosféricamente. Ello junto con materia orgánica en desintegración, que cubre la tierra en una capa delgada y que proporciona, cuando contiene cantidades adecuadas de aire y agua, el soporte mecánico y, en parte el sustento de las plantas (Brady and Weil, 2004.).

Desde el punto de vista edafológico, se puede tomar al suelo como algo vivo, con su propia fisiología, la cual tiene equilibrio dinámico que se establece entre los organismos y el medio físico. Por eso se dice que el suelo respira, y de hecho se puede medir su respiración, la que es debida a sus componentes. Del mismo modo, el suelo responde a la entrada de la materia orgánica, se activa la respiración y aumenta las biomasas al aumentar la humedad y temperatura. Luego, el suelo evoluciona, se estructura y vive (Butticaz, 1996).



## 4. FACTORES DEL SUELO QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA RAÍZ EN VIDES

### 4.1 Compactación

Mayor resistencia a la penetración produce un menor crecimiento radicular y como consecuencia un decaimiento debido a la menor capacidad de absorción de nutrientes y agua. Al aumentar la carga frutal, se exige mayor consumo de carbohidratos y compuesto nitrogenados en el sistema radicular, produciendo raíces débiles. En estas condiciones, aumentos de la frecuencia y cantidad de agua de riego agravan el problema (Selles *et al.*, 2000).

En vides se ha observado que la penetración de raíces en el suelo disminuye cuando la densidad aparente supera 1,4 gr/cc (Richards 1978; Van Huyssteenn, 1984).

En plantaciones con decaimiento prematuro se pudo observar que a nivel de suelo se presentaban valores de densidad aparente del orden de 1,4 a 1,44 gr/cc; bajo los 10cm asociados a valores de resistencia a la penetración entre 1.082 y 1.238 KPa, y macro porosidad del orden de 5% (Selles *et al.*, 2000).

Para superar estos problemas, se consideran prácticas de manejo que mejoren las condiciones físicas del suelo y aumenten el volumen útil de éste. Entre ellas se mencionan: subsolado, confección de camellones, uso de acondicionadores físicos, uso de cubiertas vegetales o mantillo (mulch). También se debe mejorar el manejo del riego, manejo de la carga frutal, cambio del sistema radicular (uso de porta injertos), control fitosanitario (nematodos) (Selles *et al.*, 2000).

Se ha determinado que la compactación del suelo es incrementada por la intensiva utilización y tránsito de tractores, nebulizadoras, implementos de labranza y del personal que realiza labores.

### 4.2 Macroporosidad:

El grado de compactación afecta el espacio poroso total y la macro porosidad del suelo. Las raíces de frutales requieren valores de macro porosidades superiores al 10 % para un adecuado desarrollo, siendo óptimo, valores entre 12 y 15% (Richards, 1978).

Ruíz (2005), en relación a la porosidad total del suelo, indica que el contenido de macroporos será mayor en los sectores superiores del perfil, con valores de FAX 0,32 versus 0,10 en sectores mas profundos cuyos valores llegan a 0,10.

La penetración de la raíz también es afectada por la porosidad del suelo, tanto por el tamaño del poro como por la rigidez del poro (Richards, 1983). Si la macro porosidad del suelo es baja, riegos excesivos disminuyen el espacio ocupado por aire produciendo condiciones de anoxia que afectarían el desarrollo radicular de las plantas. Riegos menos frecuentes, permitirían mejores condiciones de aireación (Selles *et al.*, 2000).

## 5. FORMAS DE ESTIMULAR RAÍCES

Existen en vides diferentes alternativas para lograr incrementar el sistema radicular de modo que la tasa de natalidad radicular sea máxima y la de mortalidad, mínima. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes: confección de camellones, Mulch (mantillo) y compost (compostado) "in situ" (en el lugar), reguladores



de crecimiento, nutrientes minerales, sustancias húmicas y fúlvicas, inductores de resistencia adquirida y buen manejo de riego.

## 5.1 Confección de camellones

La utilización de camellones mejora y aumenta el área de suelo, aportando a las raíces activas un suelo, de mejor fertilidad y grado evolutivo, con baja compactación inicial y mayor grado de ventilación. También distancian las raíces de cualquier área de peligro (Robinson, 2004), en sectores más profundos del suelo, como: zonas de arcillas densas (Smart, 2004), zonas de acumulación de carbonatos de calcio o de sales como Boro y Sodio o de zonas con nivel freático (Robinson, 2004). Para esto, se traslada suelo de la entre hilera, el cual es mezclado con guano o compost y en algunos casos con sulfato de calcio (yeso) y se ubica en la zona de la hilera formando un camellón de unos 30 a 40 cm de alto y ancho variable entre 1 m a 1,40m, dependiendo de las distancias de plantación, dejando el espacio suficiente para el tránsito de maquinaria.

## 5.2 Mulch y Compost "In Situ"

### 5.2.1 Introducción y definición de conceptos

Mulch y compostado "*in situ*" consiste en dejar los restos de poda y/o rastrojos de cultivos entre hileras, triturados sobre el suelo (Nicholas, 2004), generando una cubierta vegetal. Este material se deposita sobre una capa de guano o compost previamente agregada sobre la superficie del suelo, preferentemente sobre la zona de la hilera de plantación o cubriendo los camellones de la hilera según sea el caso respectivo. La cubierta vegetal pasa por un proceso de compostaje junto al guano o compost (como apoyo energético y de aporte de microorganismos para el proceso de

compostaje *in situ*), en el mismo lugar donde se deposita, convirtiéndose en humus o compost al cabo de unos meses (Soza *et al.*, 2003).

El Compost, es un producto semi estabilizado obtenido con anterioridad a que constituyentes orgánicos hayan sufrido una degradación biológica, bajo condiciones controladas. Se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas. Es un proceso aeróbico. Un compost de alta calidad es una sustancia rica en microorganismos, la que al aplicarse a un suelo dado, activa sus procesos biológicos. El compost, es un humus terminado, el cual es el producto final de la digestión de la materia orgánica, ofreciendo similares beneficios que ésta, es decir, crear y soportar los procesos biológicos del suelo (Silva, 2004).

La expresión "*in situ*" se refiere a que se realiza directamente en la hilera de plantación y sobre el área radicular respectiva de la hilera o camellón, es decir, en el mismo lugar donde se necesita.

En los bosques vírgenes, se produce en forma natural el proceso de Mulch y Compost *in situ*. Las hojas, ramillas, frutos y otras estructuras mayores de los árboles caen espontáneamente a medida que cumplen su ciclo natural de vida (senescencia). Esta situación se acelera por los factores climáticos (temperatura, viento, lluvia, granizos y nieve). Además, existen residuos de macro y micro fauna y sus excretas, las que se mezclan con los materiales vegetales descritos, produciéndose una capa superficial de restos fragmentados de origen vegetal y animal. Estos están representados por materiales orgánicos (hidratos de carbono de fácil degradación como azúcares y otros de degradación más lenta como la lignina; proteínas, lípidos y minerales). Los trabajos de investigación en los últimos



veinte años sobre el uso de la madera rameal fragmentada (MRF), han mostrado incrementos en la productividad y modificaciones fundamentales en el suelo, tanto en clima templado como en tropical (Lemeieux, 1996).

El concepto del mulch y compost *in situ*, proviene de la práctica de Cero Labranza. Este tiene su origen en la agricultura milenaria. Con los adelantos de la mecanización agrícola, se llegó a un excesivo uso de implementos de labranza, pulverizando el suelo, y dejándolo desprotegido, lo que tuvo como resultado un efecto nocivo en extensas superficies agrícolas del mundo. La Cero Labranza consiste en la siembra de cultivos sin mover el suelo ni alterar su estructura con ningún tipo de maquinaria, y dejando los rastrojos del cultivo anterior sobre la superficie del suelo. El sistema utiliza herbicidas para el control de malezas (Soza *et al.*, 1998). En Chile, las primeras experiencias a nivel comercial de Cero Labranza datan desde 1978, obteniéndose progresivos aumentos de rendimientos en rotaciones de trigo, triticale, maíz y lupino. Además, se logró un incremento paralelo de la materia orgánica y fertilidad, al dejar los rastrojos sobre el suelo (Crovetto, 1996).

En los últimos años, el control de malezas, en uva de mesa, vino y huertos frutales, ha ido evolucionando a la eliminación total de la labranza (Cero Labranza), al uso de herbicidas y/o cortando las malezas con máquinas segadoras (circulares o de martillo), dejando los rastrojos de malezas y sarmientos triturados sobre el suelo (**Foto 1**) (Soza, *et al.*, 2003).

El suelo cubierto se encuentra en un proceso constante de transformaciones biológicas, químicas y físicas, que da como resultado la formación del suelo propiamente tal. Por lo tanto, es muy importante proteger el suelo para que cumpla con esta función y evitar la



**Foto 1. Manejo del camellón con mulch y Compost "in situ".**

pérdida del mismo por efecto de la erosión por el impacto de la lluvia, desecación por acción directa de la temperatura de los rayos solares y el efecto abrasivo en el suelo y el transporte de sus partículas finas por el viento (Brady, 2004).

#### 5.2.2 Ventajas del mulch y compostado *in situ*

Las ventajas del mulch y compostado *in situ* sobre el suelo son evidentes en cuanto a la mayor cantidad de materia orgánica, aumento en la retención de humedad, menor fluctuación de humedad, ahorro de agua, mayor aireación, mejor estructuración del suelo, menor compactación, mayor actividad de mineralización. También una mayor presencia de microfauna como hongos y bacterias de suelo y mesofauna tales como lombrices de tierra (*Eisenia fetida*), inhibición de emergencia de malezas y abundante proliferación de raíces de las vides. Mejora además la distribución del riego por goteo en sentido lateral en el caso de las plantaciones sobre camellones. Como resultado, se obtienen mayores rendimientos y mejor calidad y condición de la uva (Soza *et al.*, 2003; McGourty, 2004).



Los restos de materiales vegetales, constituyen una capa protectora sobre el suelo entregando los siguientes beneficios: aislante de la radiación solar, menor deshidratación y disminución de la erosión por lluvia y viento. Además, la eliminación de la labranza, ha brindado el beneficio de no cortar las raíces de las plantas frutales y a la disminución de la compactación del suelo, por el menor número de pasada de tractores y maquinaria pesada.

Las Fuentes de mulch son diversas, entre ellas están: restos de poda triturados, paja de trigo u otros y siembra de cultivos en periodo invernal entre hileras (Avena o lupino), los cuales se desecan con herbicidas, para luego agregarlos sobre el suelo de la hilera o camellón

En el corto plazo, se logra un gran desarrollo de raíces en los estratos superiores del perfil, obteniéndose una banda de suelo vivo. Las características de esta zona son: alta tasa de generación de raíces menos suberizadas, permiten una eficiencia en la absorción de iones, con menor gasto de energía, mayor nivel de Oxígeno y menor interferencia del suelo en las soluciones nutritivas.

La materia Orgánica incorporada mediante este sistema actúa sobre las características físicas y químicas del suelo, de la manera siguiente (Soza *et al.*, 2003):

a) Características físicas: la materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua, debido al efecto físico del tamaño de las partículas. También aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos

arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos, contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

b) Características químicas: La materia orgánica tiene un rol importante en el mejoramiento de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso y zinc). Igualmente, muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo. La formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación, contribuyen a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles.

### 5.2.3 Factores indirectos en relación al potencial productivo del mulch y Compost *in situ*

Se ha establecido que la mayor limitante para incrementar la producción de cultivos alimenticios en el mundo es el bajo contenido de CO<sub>2</sub> atmosférico, cuando los demás factores de producción se encuentran en su máximo nivel. Se observa una mayor producción en suelos con alto contenido de materia orgánica por su alta fertilidad, retención de humedad, y a la liberación natural de CO<sub>2</sub>.

El anhídrido carbónico, es el mayor contribuyente al proceso de fotosíntesis, el cual genera los carbohidratos que son translocados a diferentes partes de la planta y que representan hasta 80% del peso seco de la planta y sus frutos. El resto lo constituyen, en variados porcentajes, las proteínas, lípidos y minerales.



Desde hace algunos años, se vienen reportando resultados de fertilización de CO<sub>2</sub> en cultivos extensivos que van desde el 20 a 50% de aumento de rendimiento. El sistema de fertilización consiste en líneas similares a las usadas en riego por goteo, que van liberando lentamente CO<sub>2</sub> bajo el follaje del cultivo en campo abierto.

Una experiencia en fertilización de CO<sub>2</sub> reportada por Norby *et al.*, 2004 (citados por Comas *et al.*, 2000) indicó que existió una gran respuesta, en el doble de la producción de la cantidad y el tamaño de las raíces, a niveles elevados de CO<sub>2</sub> en el aire.

Extrapolando esta experiencia a frutales y vides, especialmente aquellos manejados en estructuras de parronales españoles y túneles, se debería evaluar un posible efecto de incremento de CO<sub>2</sub> en la zona bajo su estructura, lo cual tendría un efecto indirecto de incremento de la producción. Así mismo, se podría evaluar el uso de la fertilización de CO<sub>2</sub>, en circunstancia que la misma estructura de parronales y túneles mantienen el gas por mayor tiempo en el follaje para ser absorbido. Esta tecnología representa un gran desafío para ampliar el potencial productivo de vides y frutales.

### 5.3 Reguladores de crecimiento como estimuladores radiculares

Dentro de los estimuladores radiculares, que son capaces de alterar el crecimiento de las plantas, están las auxinas, las cuales se encuentran en mayor concentración en los tejidos con una mayor tasa de crecimiento e.g. ápice de tallo, raíces, hojas jóvenes y yemas (Azcon-Bieto y Talon, 1996).

Las funciones de este regulador de crecimiento, están en el control de las actividades de

iniciación radicular y de las raíces adventicias. También, estimula el metabolismo y el desarrollo de la planta, aplicándola a bajas concentraciones, porque dosis elevadas, deprimen el efecto hasta hacerlo negativo (Azcon-Bieto y Talon, 1996).

Pérez (2005), evaluó el bioestimulante radical a base de auxinas (Bioradicante®) y la aplicación de guano. Con ambos productos se logró mayor densidad y peso de raíces.

### 5.4 Inducción de resistencia sistémica adquirida

Son productos que estimulan a los vegetales a defenderse de los patógenos en base a su herencia genética y de esta forma favorecen el desarrollo radicular. Dentro de ellos existe un producto de tipo biodegradable, el cual no es tóxico ni contamina, llamado Quitosano.

El Quitosano actúa a través de los siguientes mecanismos: activación de genes de resistencias; activación de proteínas asociadas a respuestas de resistencias; activación de quitinasa, B - gluconasa fenilalanina amonio liasa; acumulación de Pisalina (antibiótico antifungal), callosa y lignina.

Como respuesta de la planta al ataque de organismos patógenos, se activan numerosos genes cuyos productos degradan la pared celular de bacterias u hongos, destruyendo células infectadas. Esta inducción no ocurre sólo en el tejido inicialmente infectado, sino en hojas y otros tejidos expuestos al patógeno gracias a señales que son transportadas a través del floema (Ruiz-Medrano *et al.*, 2001). Experimentos recientes han demostrado en *Arabidopsis thaliana*, que una proteína de unión a lípidos es necesaria para el establecimiento de la resistencia sistémica adquirida, lo que podría sugerir que las señales móviles



son de naturaleza lipídica (Maldonado *et al.*, 2002). Por otra parte, el daño mecánico por insectos activa genes de inhibidores de proteasas, altamente tóxicos para éstos. Las señales transportadas en el floema inducen estos genes también en hojas intactas. En algunas especies, se ha encontrado que un péptido sintetizado en la célula acompañante (la sistemina), es la señal transportadora (Ryan y Pearce, 1998).

### 5.5 Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas constituyen cerca del 60% de la materia orgánica del suelo, poseen moléculas de masa y solubilidad muy variable. Puede influenciar el crecimiento y nutrición de la planta, modificando las propiedades físicas y químicas del suelo y comportándose como una fuente de nutrientes. También posee la posibilidad de complejar los metales del suelo, modificando la solubilidad (Pinton *et al.*, 2005). Las sustancias húmicas se clasifican según su solubilidad en diferentes pH, en:

- a) Humina: condensado de arcillas insoluble a pH básico.
- b) Acido húmico: oscuro, macromoléculas de alto peso molecular con mayor contenido de carbono y nitrógeno, con mayor poder de intercambio catiónico y mayor poder de retención de agua. Provocan efectos fisiológicos en la planta.
- c) Acido fúlvico amarillo a rojo. Menor peso molecular, es mejor absorbido por la planta. Tienen un mayor porcentaje de oxígeno en sus estructuras y una mayor capacidad de retención de metales.

Numerosas evidencias experimentales sugieren un rol de esta molécula en la nutrición de la planta a través de un mecanismo que favorece

la movilidad de los nutrientes poco móviles hacia la raíz, induciendo el crecimiento de ellas y modificando el funcionamiento del sistema de absorción del nutriente al interior de la célula de la raíz (Pinton, *et al.*, 2005). Aumenta la solubilidad del hierro en la solución del suelo y mejora su translocación en el interior de la planta. También se considera que inhibe la absorción de cloro. Mediante aplicaciones al suelo o foliar, aumentan el crecimiento radicular y la formación de raíces secundarias (Giner, 2004).

### 5.6 Nutrientes minerales

Algunos elementos favorecen el desarrollo del sistema radicular. Estos son Calcio, Fósforo y Boro.

El Calcio, es necesario para la síntesis de pared celular, especialmente de la lamela media, afecta las membranas y regula muchos procesos metabólicos. El sistema radicular de plantas deficientes en Calcio es corto, poco ramificado y parduzco (Sanders *et al.*, 1999; Taiz *et al.*, 2002). Recientes investigaciones han demostrado que existen grandes cantidades de calcio acumulados en la vacuola de células del ápice de la raíz de vid. Estas células se observan como un cono discontinuo de células en la parte externa de la zona meristemática, disminuyendo en tejidos más antiguos. Estas células podrían actuar como un zinc o sumidero (actúa como foco de atracción) de Calcio relacionado en la regulación de Calcio a nivel de ápices radiculares (Storey *et al.*, 2003).

Según Du Preez (2003), con un sistema radicular activo, con pelos radiculares en constante desarrollo antes de la formación de las bandas de Caspari, la absorción de calcio será más eficiente, al igual que otros iones como Potasio, Magnesio y Fósforo.

El Fósforo estimula la formación de meristemas de toda la planta en especial de raíces. Su principal función está relacionada como constituyente de las estructuras macromoleculares como los ácidos nucleicos, constituyente de las paredes celulares y con un rol fundamental en la transferencia de energía. El fósforo tiene un importante rol en el estado sanitario de la raíz. Cuando existe un adecuado contenido de fósforo en el suelo, las raíces de las plantas se desarrollan mejor (Trotter, 2004).

Respecto al Boro, diferentes investigadores han descrito una disminución de crecimiento radicular cuando existe deficiencia de boro. Existen diferentes teorías de cómo el boro estaría afectando el desarrollo radicular, entre ellas se citan: el boro afectaría la elongación de las células de la raíz, también se le relaciona en la acción del ácido arylbólico, promotor de raíces, otros sugieren que la deficiencia de boro provoca una anomalía en la formación de la pared celular por lo que detiene la división de las células de la raíz. Estudios realizados en cultivos hidropónicos de tomates, han concluido que en ausencia de boro se detiene la elongación de células del ápice de la raíz y desarrollan una coloración café en los ápices radiculares. Estos ápices de color café no se logran recuperar después que volvieron a niveles adecuados de boro, debido a una necrosis de sus tejidos (Luke, 1961; Shkolnik, 1984).

## 5.7 Manejo de Riego

Comas *et al.* (2005), manifiestan que existe un 87% de mayor producción de raíces finas en vides regadas, con respecto a las no regadas en años secos.

La penetración de la raíz a una densidad dada está influenciada por el contenido de agua y

distribución de tamaño de partícula (Richards, 1983).

Los sistemas de riego pueden afectar la distribución de la raíz, localizándose principalmente dentro del volumen húmedo bajo goteros. De la misma forma, se generan las raíces entre los surcos durante primavera y otoño cuando las lluvias proporcionan agua en el suelo, en el área de la entre-hilera. En mayor medida puede esperarse que el modelo de distribución de raíz sea más influenciado por el sistema de riego, y menos por la lluvia (Van Zyl, 1988).

Se determinó que bajo el gotero, existe una zona húmeda que presenta menores densidades de raíces y que además puede influir para que la distribución de raíces sea levemente mayor en el lado opuesto al gotero en las circunstancias dadas. Sin embargo, esta condición es diferente en suelos de texturas gruesas (Callejas *et al.*, 2005).

En un ensayo para evaluar el efecto del área de suelo mojado sobre la recuperación de plantaciones con síntomas de decaimiento, se comparó el uso de una línea de riego versus dos líneas. Los tratamientos de riego con doble línea, mostraron mayor desarrollo de raíces (número de raíces finas por metro cuadrado de suelo) que el testigo (uso de una línea simple). La doble línea de goteo, con riego simultáneo, presentó el mayor peso y calibre de bayas a la cosecha, luego de tres temporadas de aplicación de los tratamientos. El uso de doble línea facilita la distribución del agua en el perfil de suelo, mejorando el balance agua/aire y por ende aumentando el desarrollo de la planta (Sellés *et al.*, 2004).

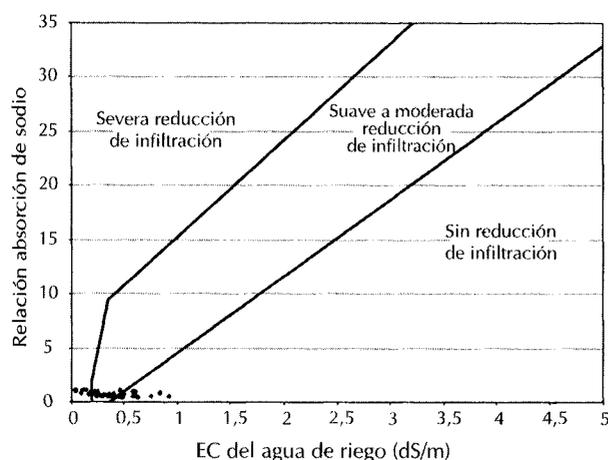
También guarda relación con las raíces la programación del riego, según reporta Hussein



(2005). Esta programación fue más precisa cuando se basó en el stock hídrico del suelo telemonitorizado con sondas capacitivas en tiempo real frente a la programación basada en la demanda bioclimática (Penman y Montheith, 1965) del cultivo, de la semana anterior. Se produce mayor stress hídrico (tanto stress por sequía como de saturación) con la de este último sistema, además que no interpreta la distribución del agua en el suelo.

En riego por goteo (para evitar zonas secas del perfil y por lo tanto un daño radicular), se propone usar sondas capacitivas dispuestas tanto en sentido vertical en al menos dos punto del área radicular predominante de la vid como también en sentido horizontal en el sector del perfil de suelo con mayor colonización radicular (Soza *et al.*, 2003).

Para el manejo del anegamiento superficial que produce asfixia en el área radicular se propone el uso de sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (yeso), en el caso que el agua de riego tenga una conductivita eléctrica (CE) inferior a 0,5 dS/m y especialmente con 0,2 dS/m relacionado con la relación absorción de Sodio (RAS), según **Figura 1** (Peacock. 1997).



**Figura 1. Relación de (CE) y (RAS).**

## 6. PRESENTACIÓN DE UN CASO REAL

Objetivos del Caso (Parronal: Thompson Seedless. [Replante] bajo condiciones de riego por goteo). Objetivos: Aumentar vigor, producción, calidad y mejor condición de la uva. Reactivar el suelo en la franja de riego, es decir, desarrollar una franja de suelo vivo y activo. Lograr una franja húmeda y aireada permanentemente. Desarrollar un sistema radicular bajo la superficie de la banda de riego, con alta tasa constante de formación de raíces.

**Descripción del Caso "con la técnica de Mulch y compost "in situ". Uva de mesa Variedad: Thompson Seedless (franco).** Densidad de plantación: 3,0 x 3,5 m (952 plantas/ha). Sistema de Riego por Goteo (3.809 goteros/ha, precipitación: 1,52 mm/hr). Replante: Especie anterior, Ciruelos patrón: Nema-guard y Mariana. Suelo: Franco-Arenoso delgado 20-30 cm, luego fracción franco arenosa con alta pedregosidad (50%).

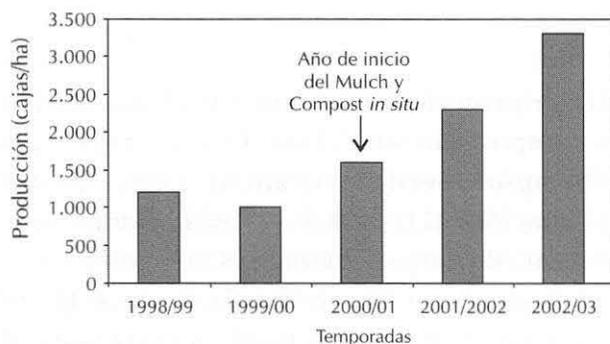
Se cubrió el suelo sobre la hilera en sentido longitudinal, con una base de guano de pollo broiler de piso a razón de 60 m<sup>3</sup>/ha aplicado. Sobre el guano se cubrió con sarmientos triturados, sin que existiera contacto de este material con el cuello de la planta (15 cm de separación). El riego por goteo con una línea (pudiendo en algunos casos llegar a dos) se encuentra sobre la línea de plantación, la cual irriga la banda de mulch y compost y la zona radicular bajo ésta. Lo descrito anteriormente configura un sistema de compostamiento *in situ*. El material se descompone lentamente en forma aeróbica (**Cuadro 1**).

**Cuadro 1. Rendimientos, Calibres y Nemátodos**

Temporada	1998	1999	2000*	2001	2002
Años	1999	2000	2001	2002	2003
Producción cajas/ha	1.200	1.000	1.600	2.300	3.300
Calibre (%) (mayor de 17,5 mm)	10	15	20	35	75
Xiphinema Index** (Nºx250 gr de suelo)	50-200	50-200	50-200	50-200	50-200

\* Año en que se inicia el sistema de "Mulch y Compost *in situ*".

\*\* *Xiphinema Index*: Valores bajos corresponde a sectores tratados con nematicida, los valores altos corresponden a sector testigo sin tratar.



**Figura 2. Evolución de un caso con técnica de Mulch y Compost *in situ*.**

Se observó una gran proliferación de raíces nuevas y desarrollo de las antiguas bajo la zona de la banda compostada. Las raíces se desarrollaron en forma lateral y superficial entre los 2 a los 30 cm. como un colchón de raíces predominantemente, lo que coincide con Smart (2004). En observación en las calicatas, se constató una gran cantidad de lombrices de tierra (*Eisenia fetida*).

## 7. CONCLUSIONES

Se mejoró el vigor, rendimiento y calibre, en condiciones de replante (con bajo vigor inicial = rechazo del suelo) y altos niveles de nemátodos en el suelo. Se logró mantener una

franja de suelo con humedad más constante bajo la línea de goteo que a suelo desnudo (Figura 3). Se desarrolló una alta población de raíces debajo del sector tratado. Se desarrolló una biomasa activa en el sector tratado. Se multiplicaron las lombrices de tierra (*Eisenia fetida*) bajo la banda compostada.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcon-Bieto, J. y M. Talon. 1996. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Madrid. 1ª Edición.
- Barceló, J. 1990. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide S.A., Madrid, España. 787 p.
- Brady, N.C. and Weil R. R. 2004. Elements of the Nature and Properties of Soils. Second Edition.
- Bould, C; Hewitt, E. Diagnosis of Mineral Disorders in plants, p. 60.
- Comas, Louise H. and Eissenstat, David. 2000. Assessing Root Death and Root System Dynamics in a Study of Grape Canopy Pruning. New Phytologist (2000) 147: 171-178.



- Comas, Louise H.; Anderson, I. J.; Dunst, R.M.; Lakso, A. N. and Eissentat, D.M. 2005. Canopy and Environmental Control of Root Dynamics in a Long-term Study of Concord Grape. *New Phytologist*.
- Crovetto L., Carlos. 1996. Stubble Over the Soil. The Vital Role of Plant Residue in Soil Mangement to Improve Soil Quality. American Society of Agronomy.
- Du Preez, Tienie. 2003. Fertigation of Table and Wine Grapes. Seminario Internacional de Fertirriego. Santiago de Chile. SQM.
- Giner, J. F. 2004. Extracto de Artículo de la Revista "Agrícola Vergel" N° 269 de Mayo 2004. p. 264-269.
- Ibacache, A.. 1995. Períodos de crecimiento de raíces en vid. *Rev. Frutícola*, Vol. 16. 1:23-26.
- Lemieux, G.1996. El mundo oculto que nos alimenta: "El suelo viviente".
- Luke S.; Curtis, M. 1961. Effect of Boron on elongation of tomato roots tips. *Plant Physiology*. 36(2): 244-251.
- Maldonado, A. M.; Doerner, P.; Dixon, R.A.; Lamb, C.J. and Cameron, R.K. 2002. A Putative Lipid Transfer Protein Involved in Systemic Resistance Signalling in Arabidopsis. *Nature*, 419:399-403.
- McGourty, G.T. 2004. Managing vineyard soil organic matter with cover crops. *Proceeding of the soil environment and vine mineral nutrition symposium*.
- Nicholas, Phill. 2004. Soil, Irrigation and Nutrition. Grape Production Series Number 2. South Australian Research and Development Institute.
- Peacock, B. 1997. Can Gypsum Improve Water Penetration. The University of California Cooperative Extension, Tulare County.
- Pérez, C. 2005. Tesis de grado Universidad de Chile. Poda de raíces y tratamientos complementarios sobre el crecimiento y distribución de raíces en la vid "Sultantina" en el valle de Copiapó. En proceso de publicación.
- Robinson, J.B. 2004. Practical Aspects of managing saline soils and sodic soils. *Proceeding of the soil environment and vine mineral nutrition symposium*.
- Ruiz-Medrano, R.; Xoconostle-Cázares, B. and Lucas, W.J. 2001, The Phloem as a Conduit for Inter-Organ Communication. *Current Opinion Plant Biology*, 4:2002-209.
- Ruiz Sch., Rafael. 2005. Raíces y Condiciones de la Fruta. Seminario organizado por Subsole: Alternativas Técnicas en Uva de Mesa II – 2005.
- Ryan, C.A., and Pearce, G. 1998. Systemin: A Polypeptide Signal for Plant Defensive Genes. *Annual Review Cell Development Biology*., 14:1-17.
- Sellés, G y R. Ahumada. 2000. Manejo de Suelos y Riego en Parronales. Informe interno. INIA.



- Sellés, G; R, Ferreyra; R. Ahumada; R. Contreras; R. Ruiz. Efecto del área de suelo mojado sobre a recuperación de parronales decaídos en el Valle de Aconcagua. [www.uvademesa.cl](http://www.uvademesa.cl).
- Silva, A. 2004. Producción de Compost y Resultados Asociados a su Uso en Chile. Revista vendimia.
- Smart, D. 2004. Grapevine rooting patterns: A comprehensive análisis and review. Proceeding of the soil environment and vine mineral nutrition symposium.
- Soza *et al.* 2003. Diplomado de Fisiología vegetal en Uva de mesa. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. [www.uvademesa.cl](http://www.uvademesa.cl)
- Soza, R. 1998. Overview on the Development of No-Tillage in Africa and Latin America
- Storey, R. , Gareth, R, Schachtman, D. (2003). Calcium-accumulating cells in the meristematic region of grapevine root apices. *Functional Plant Biology*, 30, 719-727.
- Shkolnik MY. 1984. *Trace Elements in Plants*. New York: Elsevier.
- Taiz, L; Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. 3<sup>era</sup> Edición. p. 73-74.
- Trotter, D. 2004. More on minerals. [www.stretcher.com](http://www.stretcher.com).
- Volder, A.; D. R. Smart; A. J. Bloom; D. M. Eissenstat. 2005. Rapid decline in nitrate uptake and respiration with age in fine lateral roots of grapes: implications for root efficiency and competitive effectiveness. *New Phytologist* (2005) 165: 493-502.